

논문 2009-46CI-4-11

# DSP & FPGA 기반의 적외선 영상에서 하드웨어 뉴럴 네트워크를 이용한 실시간 고정패턴잡음 제어

## (Real-Time Fixed Pattern Noise Suppression using Hardware Neural Networks in Infrared Images Based on DSP & FPGA)

박 장 한\*, 한 정 수\*, 천 승 우\*

(Changhan Park, Jungsoo Han, and Seungwoo Chun)

### 요 약

본 논문은 냉각형 적외선(infrared focal plane array; IRFPA) 영상시스템에서 하드웨어 뉴럴 네트워크를 이용한 실시간 고정패턴잡음 제어를 위해 고속 DSP & FPGA 기반의 H/W 설계 방법을 제안한다. 고정패턴잡음은 검출기의 불균일 보정처리 후에도 관측영상의 온도분포 변화에 의해 발생한다. 이것은 열상 화질의 저하뿐만 아니라 다른 용용에도 문제되는 중요한 요소이다. 냉각형 적외선 영상시스템의 신호처리구조는 저온, 상온, 고온의 3개 테이블을 기준으로 이득(gain) 값과 편차(offset) 값을 연산한다. 제안된 방법은 3개 편차 테이블에서 각각 교차되는 영역을 세분화하여 가상의 테이블을 만들고, 입력 영상의 구분된 3개 영역에서 영상의 평균값으로 하드웨어 뉴럴 네트워크의 가중치 값을 조정하여 최적의 온도구간을 선정한다. 이와 같은 방법은 영상의 평균값으로부터 저온, 상온, 혹은 고온의 이득, 편차 테이블을 연산하고, 운용 중에 지속적으로 편차 보상을 적용하지 않아도 된다. 따라서 제안된 방법은 실시간 처리로 관측영상의 온도분포 변화에 의해 발생하는 고정패턴잡음을 제어하여 영상화질의 개선된 결과를 보였다.

### Abstract

In this paper, we propose design of hardware based on a high speed digital signal processor (DSP) and a field programmable gate array (FPGA) for real-time suppression of fixed pattern noise (FPN) using hardware neural networks (HNN) in cooled infrared focal plane array (IRFPA) imaging system. FPN appears a limited operation by temperature in observable images which applies to non-uniformity correction for infrared detector. These have very important problems because it happen serious problem for other applications as well as degradation for image quality in our system. Signal processing architecture for our system operates reference gain and offset values using three tables for low, normal, and high temperatures. Proposed method creates virtual tables to separate for overlapping region in three offset tables. We also choose an optimum term of temperature which controls weighted values of HNN using mean values of pixels in three regions. This operates gain and offset tables for low, normal, and high temperatures from mean values of pixels and it recursively don't have to do an offset compensation in operation of our system. Based on experimental results, proposed method showed improved quality of image which suppressed FPN by change of temperature distribution from an observational image in real-time system.

**Keywords :** InfraRed Focal Plane Array, Hardware Neural Networks, Digital Signal Processor, Non-uniformity Correction, Fixed Pattern Noise

### I. 서 론

적외선(infrared; IR) 센서는 군사용으로 객체의 탐지,

추적, 인식하는 시스템 및 의학용, 산업용 등에서 활용되고 있다<sup>[1~2]</sup>. 적외선 영상은 CCD 영상과 달리 주·야간의 열에 의한 밝기(intensity) 정보만을 제공하며, 객체의 형태(shape)가 CCD 영상에 비해 날카롭지 못한 특징이 있다. 적외선 파장대역은 단파장 적외선(short-wave infrared; SWIR) 1~3 $\mu$ m, 중파장 적외선

\* 정희원, 삼성탈레스(주) 종합연구소

(SIAT, SAMSUNG THALES Co., Ltd.)

접수일자: 2009년2월4일, 수정완료일: 2009년7월15일

(mid-wave infrared; MWIR) 3~5 $\mu$ m과 장파장 적외선 (long-wave infrared; LWIR) 8~12 $\mu$ m, 또는 7~14 $\mu$ m로 구분한다<sup>[3]</sup>. 최근의 적외선 검출기는 적외선 영상시스템에 사용되고 있으며, 고 민감도, 고 해상도, 소형화, 신뢰성 등의 장점들이 있다<sup>[4]</sup>. 적외선 검출기는 검출기 셀의 불균일 출력 특성으로 인해 불균일 보정(non-uniformity correction) 처리가 필요하다. 불균일 보정방법은 두 가지가 있으며, 검출기 제작과정에 발생된 불량 픽셀 교정(calibration)과 화면(scene)기반 보상이다<sup>[4]</sup>.

냉각형 적외선 영상시스템은 불균일 보정처리 후에도 고정패턴잡음(fixed pattern noise)이 발생된다<sup>[5~6]</sup>. 이것은 운용 시간, 검출기 특성 및 관측영상의 온도 변화에 의해 검출기의 픽셀이 정상과 불량을 넘나들며 화면에 재생된다. 이와 같은 문제점은 열영상 화질의 저하뿐만 아니라 다른 응용에도 문제되는 중요한 요소이다. 신호처리구조는 보통 저온, 상온, 고온의 3개 테이블을 기준으로 이득(gain) 값과 편차(offset) 값을 연산한다. 제안된 방법은 3개 편차 테이블에서 각각 교차되는 영역을 세분화하여 가상의 테이블을 만들고, 입력 영상을 3개의 영역으로 나누어 평균한 값을 이용하는 방법이며, 영상의 온도 분포도 포함한다. 또한 본 논문에서는 사람의 뇌를 모방하여 학습을 통한 판단기준의 자동 획득이 가능하고 변화된 환경에 잘 적용할 수 있는 뉴럴 네트워크(neural networks)를 적용한다. 뉴럴 네트워크를 이용하면 인간과 유사한 판단이 가능하며, 패턴 인식과 자동 분류 분야에 널리 이용되고 있다<sup>[7~9]</sup>. 뉴럴 네트워크의 교사학습은 실시간 고속 판정을 위해 교사신호를 이용하여 오차가 작아지는 방향으로 가중치를 조절한다. 또한, 비교적 계산이 간단한 전방향(feed-forward)모델이 필요하다. 이에 해당되는 뉴럴 네트워크로는 방사 기저 함수(radial basis function; RBF)과 학습 벡터 양자화(learning vector quantization; LVQ) 등이 있으나 분류문제에 성능과 효율을 고려하여 오류 역전파 뉴럴 네트워크(back-propagation neural networks; BPNN)를 채택한다<sup>[7~8]</sup>. 보다 고속 학습과 판단을 위해 하드웨어 뉴럴 네트워크(hardware neural networks)로 설계하여 각 영상의 온도 분포별 최적의 온도 구간을 선정할 수 있는 시스템을 구현한다.

일반적으로 뉴럴 네트워크의 활성화 함수는 시그모이드(sigmoid) 함수를 이용하지만, 본 논문에서는 실시간 고속 판단을 위해 H/W화하기 용이한 편직 선형

(piecewise linear) 활성화 함수를 사용한다<sup>[7, 10]</sup>. 이와 같은 방법은 영상의 평균값으로부터 저온, 상온, 혹은 고온의 이득, 편차 테이블을 연산하고, 운용 중에 지속적으로 편차 보상을 적용하지 않아도 된다.

본 논문은 냉각형 적외선 영상시스템에서 하드웨어 뉴럴 네트워크를 이용한 고정패턴잡음 제어를 실시간으로 처리하기 위해 고속 DSP (digital signal processor) & FPGA(field programmable gate array) 기반의 하드웨어 설계 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 실시간 처리를 위한 H/W 플랫폼에 관해 설명하고, III장에서는 제안된 방법으로 고정패턴잡음 제어방법을 제시하며, IV장에서는 실험결과에 대해 설명한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

## II. 실시간 처리를 위한 H/W 플랫폼

본 장에서는 H/W 플랫폼의 구조와 특성에 대해 언급한다. 제안된 구조는 DSP에서 제어를 담당하고, FPGA는 실시간 불균일 보정과 영상개선을 담당한다.

### 1. H/W 플랫폼 구성

제안된 DSP & FPGA 기반 적외선 영상시스템의 실시간 H/W 플랫폼은 그림 1과 같다.

그림 1의 적외선 영상시스템의 H/W 구성은 적외선 검출기 제어기, 아날로그 영상 전처리기, ADC(analog to digital convertor), 고성능 DSP, 대용량 FPGA, DAC(digital to analog convertor), 비디오 합성기 등이다. ADC는 적외선 검출기에서 아날로그 출력을 디지털 데이터로 출력한다. FPGA는 ADC의 클럭 제어신호, 검

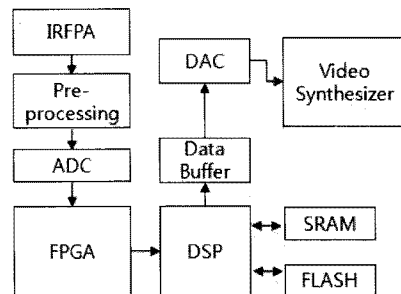


그림 1. DSP & FPGA 기반 열상 신호처리 시스템 구조  
Fig. 1. Architecture of thermal signal processing system based on DSP & FPGA.

출기 제어신호, 영상입출력 제어, 불균일 보정 및 대조비 처리 등을 수행한다. DSP는 주제어 및 영상개선을 위한 제어처리를 담당한다. DAC는 디지털 영상데이터를 변환하여 아날로그 영상으로 출력을 담당한다. SRAM은 단일 칩에서 빠른 처리와 큰 용량을 저장할 수 있는 확장 메모리이다. FLASH는 전자적으로 읽기 쓰기가 가능한 구조이며, DSP를 구동하는 프로그램을 다운로드한다. 비디오 합성기에서 영상을 모니터에 실시간으로 전시한다.

2. 제안된 H/W 플랫폼의 실시간 처리 시간 분석

제안된 DSP & FPGA 기반 적외선 영상시스템에서 실시간 처리를 위한 시간분석은 그림 2와 같다. 그림 2와 같이 영상 최종출력 시간은  $t_1, t_3, t_4$ 의 합이며, 제안된 시스템은 33ms 이내에 처리된다. 여기에서  $t_1$ 와  $t_4$ 는 고속버스를 통해 데이터가 전송되는 시간이다. FPGA는  $t_3$ ms 동안에 실시간 불균일 보정 및 대조비 개선처리 등을 수행하며, 고정패턴잡음의 제어를 위해 하드웨어 뉴럴 네트워크가 수행된다. DSP는 실시간 처리를 위해  $t_3$ ms 동안에 입력 영상에 대한 온도변화에 따른 영상보상에 대한 제어를 담당한다.

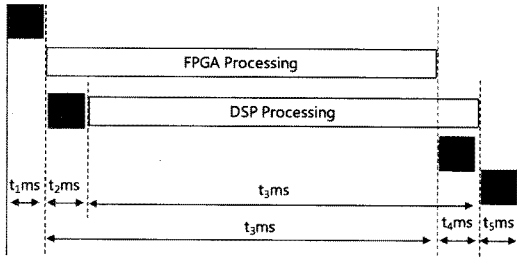


그림 2. DSP & FPGA 기반 수행처리의 시간 분석  
Fig. 2. Analysis of timing for processing based on DSP & FPGA.

III. 제안된 고정패턴잡음 제어

본 장에서는 제안된 H/W 플랫폼에 탑재될 고정패턴잡음 제어 기법에 대해 언급한다. 그림 3은 제안된 고정패턴잡음 제어를 나타낸다. 제안된 방법은 입력 영상에서 3개 영역의 픽셀 평균값을 구하여 FPGA의 로직으로 구현된 하드웨어 뉴럴 네트워크의 가중치 값으로 사용된다. 하드웨어 뉴럴 네트워크는 최적의 온도 테이블을 선택하여 편차가 보상된 화면이 출력된다. 이것은

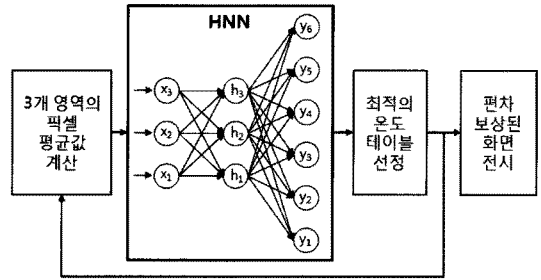


그림 3. 제안된 고정패턴잡음 제어 방법  
Fig. 3. Proposed method for fixed pattern noise suppression.

운용시간, 검출기 특성 및 관측영상의 온도변화에 의해 발생하는 문제점을 해결할 수 있다.

1. 고정패턴잡음 발생

냉각형 적외선 검출기는 2차원 면상으로 배열된 픽셀들로 구성되는데 검출용 픽셀 간에는 동일한 세기의 적외선에 대해 동일한 세기의 온도 검출 신호를 출력하지 못하는 불균일 편차가 발생한다. 그림 4의 (a)는 MCT(HgCdTe) 소자를 적용하여 출력한 영상이며, 그림 4의 (b)는 InSb(Indium Antimonide) 소자를 적용하여 출력한 영상이다. 그림 4의 (a), (b)에서 소자를 구성하는 물성적 차이에 따라 최종 출력영상의 양상이 다르다. 이와 같은 현상을 제어하기 위해서는 불균일 보정을 적용한다. 각각의 픽셀 출력에 대한 이득 값(gain: G), 편차 값(offset: O)을 실험에 의한 적절한 온도의 테이블로 저장해두고 신호처리기에서 실시간으로 보상을 수행하게 된다.

검출기의 불균일 보정 계수는 두 개의 참조 온도, 저장된 온도 또는 운용 중에 획득된다. 불균일 보정 계수는 식 (1)과 같다<sup>[11]</sup>.

$$V'_{i,j}(\phi) = G_{i,j} V_{i,j}(\phi) + O_{i,j} \tag{1}$$

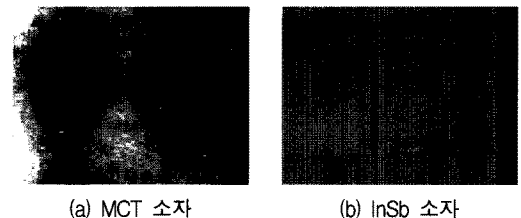


그림 4. MCT소자와 InSb소자의 불균일 영상  
Fig. 4. Non-uniformity image for MCT and InSb devices.

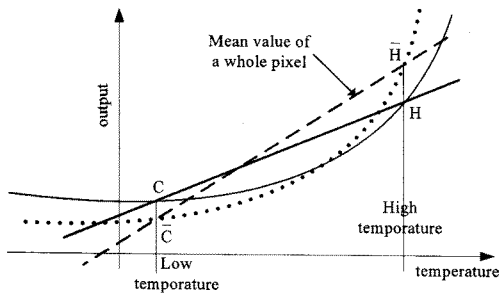


그림 5. 참조 온도 보상 방법  
Fig. 5. Compensation method for reference temperature.

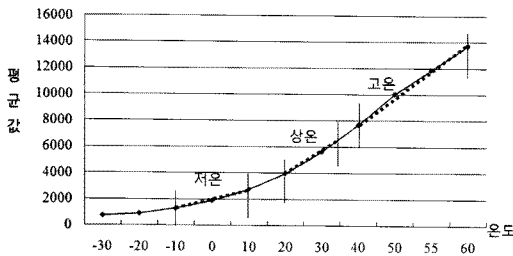


그림 6. 온도에 따른 평균값 변화 그래프  
Fig. 6. Change graph of mean values by temperature.

여기에서,  $(i, j)$ 는 검출기의 좌표이고,  $V_{i,j}(\phi)$ 는 검출기  $(i, j)$ 의 반응 값이다.  $G_{i,j}$ 와  $O_{i,j}$ 는 검출기 픽셀  $(i, j)$ 의 이득 값과 편차 값이다.

그림 5는 참조 온도의 그래프이며, 검출기 각 소자의 출력 참조 신호에서 저온(C)과 고온(H)을 읽는다. 여기에서 검출소자 전체의 평균값을 계산한 후 각 검출소자에 대한 이득 보정 값  $G_{i,j}$ 과 편차 보정 값  $O_{i,j}$ 을 식 (2)과 같이 구하며, DSP에서 실시간으로 연산된다.

$$G = \frac{\bar{H} - \bar{C}}{H - C}, \quad O = \frac{\bar{H}C - \bar{C}H}{H - C} \quad (2)$$

여기에서  $\bar{H}$ 와  $\bar{C}$ 는 고온과 저온의 픽셀 평균값이다.

그림 6은 3개의 온도 구간을 보정 테이블(저온, 상온, 고온)로 저장하여 변화하는 표적의 온도에 맞게 보정 처리가 수행된다. 3개의 보정 테이블은 픽셀의 평균값을 분석하여 기준온도 ( $H, C$ )를 취한 후 각 픽셀의 이득 값과 편차 값을 계산한다. 이러한 1차원 함수인 이득 값과 편차 값으로 처리하는 선형 테이블은 검출기의 비선형적인 출력을 제공하기 때문에 잔류 잡음 및 고정패턴잡음이 발생한다. 이것은 저온, 상온, 고온의 3개 구간으로 관측영상의 전체 평균값에 따라 테이블을 대체

시키기 때문에 동일한 테이블을 사용함에도 불구하고 영역내의 최대 혹은 최소 지점으로 관측영상의 평균값이 변하게 되면서 발생한다. 이와 같은 현상에서 운용자는 영상화질을 개선하기 위해 불균일 보정의 편차 값으로 처리한다.

2. 제안된 고정패턴잡음 제어 방법

고정패턴잡음은 한 영상 안에서 온도의 분포와 평균 온도에 많은 영향을 받기 때문에 그 문제를 해결하기 위하여 그 두 가지를 고려한 불균일 보정 테이블을 적용하여야 한다<sup>[5~6]</sup>. 그림 6의 그래프를 고려하여 그림 7과 같이 영상의 평균온도를 저온, 상온, 고온으로 3개의 구간으로 나누어 각각에 해당되는 구간에 테이블을 일률적으로 적용하는 방식이 사용되고 있다. 그림 7의 빗금친 부분 A와 B는 해당 테이블에서 운용 중에 다른 테이블로 전환시 필요한 히스테리시스(hysteresis) 구간이다. 이것은 평균 온도가 각 구간의 경계 부분에 해당하거나 온도 분포가 전혀 고려되지 않은 상태의 온도 분포가 일반적이지 않을 때이다. 대부분 하늘의 온도가 많이 낮고, 상대적으로 지표의 온도가 높기 때문에 온도 분포는 전체 영상에서 하늘이 차지하는 비율에 따라 많은 차이가 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해 그림 8과 같이 저온, 상온, 고온의 3개 테이블을 기준으로 이득 값과 편차 값을 연산하되 각 테이블에서 반영하는 편차 테이블은 두 개로 운용함으로써 총 6개의 온도 구간을 운용하는 것이다.

본 논문에서는 최적화된 온도 테이블을 자동적으로

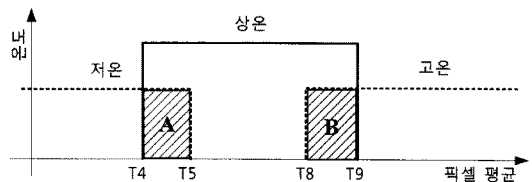


그림 7. 이전 시스템에 적용한 평균값의 테이블 구간  
Fig. 7. Setup an old table version for our system.

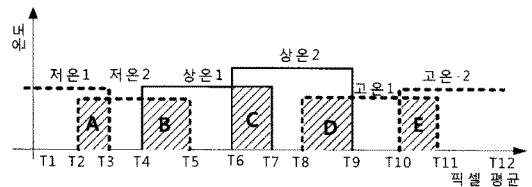


그림 8. 제안된 방법의 6개 구간 테이블  
Fig. 8. Proposed method for six terms table.

선별하는 하드웨어 뉴럴 네트워크를 적용한다<sup>[7, 12]</sup>. 여기에서 6개의 테이블은 동일 테이블 내에서 발생된 고정 패턴잡음으로 인한 반복적인 불균일 보정의 수행 횟수가 현저히 줄어들며 개선 효과를 준다. 제안된 방법은 세로 방향의 온도 분포를 고려하여 영상을 상단, 중단, 하단의 3 영역 나누고, 각 영역의 평균 온도를 하드웨어 뉴럴 네트워크의 입력으로 사용한다. 적용할 수 있는 온도 테이블의 수는 가용할 수 있는 하드웨어 자원의 한계로 인하여 6개의 테이블을 저장하는 것이 적절함으로 출력 뉴런 수는 6개, 각 영역의 평균 온도인 입력 뉴런 수는 3개로 구성된다. 학습 샘플의 입력은 실제 촬영된 영상에서 계산하고, 교사 신호는 온도 테이블을 1부터 6번까지 수행한 후, 실험을 통하여 가장 적합한 온도 테이블의 수(number)가 교사 신호가 된다. 제안된 방법은 48개의 각기 다른 온도 분포를 가진 학습 샘플을 만들어 학습 과정을 수행해 본 결과 그림 9와 같이 중간층 뉴런 수가 최소 3개 이상 일 때 학습이 가능하였고, 중간층 뉴런이 3개 일 경우 학습 속도는 전체 패턴이 71회 반복되었을 때 학습이 완료되었다. 단, 여기서 학습 계수는  $2^{-9}$ (0.001953)이고, 활성화 함수의 기울기는  $2^{-3}$ (0.125)이며 온라인 모드 학습을 수행하였다.

그림 9는 중간층 뉴런 수의 결정을 위한 학습곡선을 나타낸다. 학습이 완료되어 오차가 0으로 수렴하기 위해서 중간층 뉴런 수는 적어도 3개 이상이 필요하다. 그리고 중간층 뉴런 수가 증가하게 되면 적은 학습 회수에 학습이 완료되었으나, 뉴런 수가 증가하면 계산량이 많으므로 한번 학습에 필요한 계산량이 급격히 증가하고 하드웨어 뉴럴 네트워크의 일반화 능력(generalization ability)도 작아짐으로 본 논문에서는 중

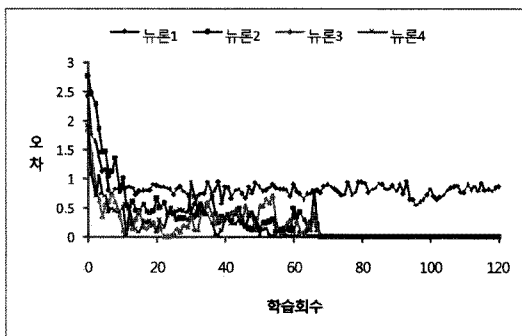


그림 9. 중간층 뉴런 수 결정을 위한 학습곡선  
Fig. 9. Training curve for decision of hidden layer.

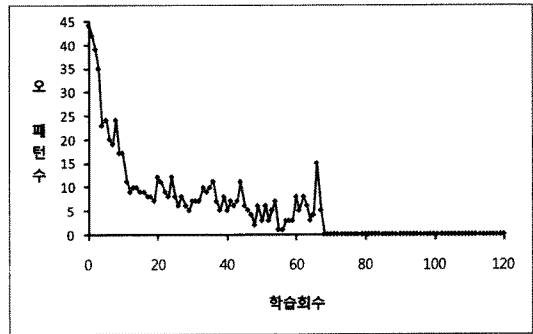


그림 10. 하드웨어 뉴럴 네트워크에서 오 패턴 수  
Fig. 10. Number of error pattern in HNN.

간층 뉴런 수를 3개로 실험을 진행하였다.

그림 10은 입력 3개, 중간층 3개, 출력 6개의 하드웨어 뉴럴 네트워크에서 학습이 진행됨에 따라 전체 48개의 학습샘플 중 잘못 판단한 샘플 수를 나타낸 것이다.

#### IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 냉각형 적외선 영상시스템에서 영상이 획득될 때 저온, 상온, 고온 3개의 구간으로 나누어 운용되는 시스템과 제안된 방법으로 운용되는 시스템의 영상을 비교한다. 그림 11의 (a)~(d)는 저온, 상온, 고온의 3개 구간으로 운용되는 장비에서 편차 보정 후 평균값이 최소영역으로 이동한 영상이다.

그림 11(d)에서 그림 11(a)로 이동하면 고정패턴잡음이 발생한다. 그림 11(d)에서 보는 바와 같이 지상의 건물이 다양한 에너지 평균값이 높은 영역에서 편차 값 보정을 실시한 영상은 에너지 평균이 유사한 건물 등을 볼 때 깨끗한 영상을 획득할 수 있다. 그림 11(a), (b)와 같이 에너지 평균값이 차가운 하늘을 볼 경우는 동일한 불균일 보정 이득 값, 편차 값 테이블을 사용하여 불균일 보정을 실시하지만 고정패턴잡음이 발생한다. 이때 발생한 고정패턴잡음을 제어하기 위하여 편차 값 보정 작업을 수행하면 깨끗하게 보상이지만 다시 그림 11(d)과 같은 에너지 평균값이 많이 차이 나는 영역으로 이동할 경우에 반대의 레벨로 고정패턴잡음이 발생한다.

제안된 방법은 장비가 최초 전원이 인가되었을 경우에 기본 테이블이 3개로 운용되고 있으며, 저온1,2, 상온1,2 혹은 고온1,2의 이득 값과 편차 값의 테이블이 동일하게 적용되도록 한다. 사용자가 관측목적상 최초 보정 시 영상보다 영상 에너지 평균값이 상이한 지역으로

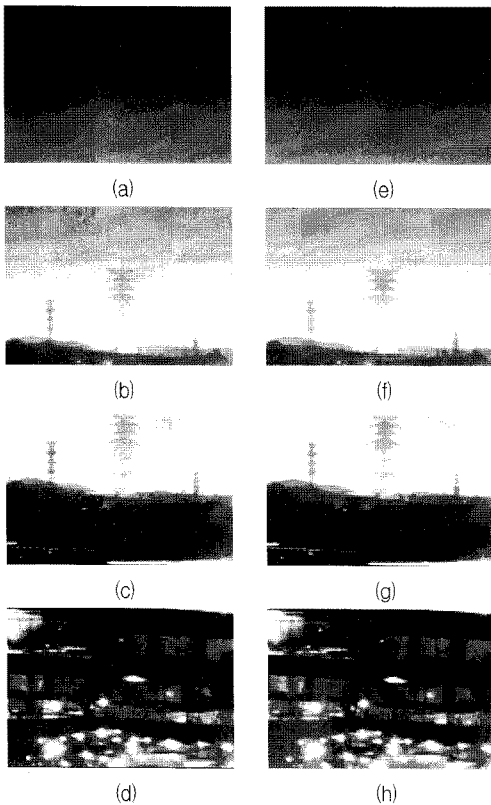


그림 11. 편차 값의 보상전 영상과 보상후 영상  
 Fig. 11. Compensated before and after images of offset values.

관측 영상을 변환한 경우는 입력 영상에서 하드웨어 뉴럴 네트워크를 이용해 가장 적절한 편차 테이블로 갱신한다. 그러므로 최초 영상지역으로 다시 복귀하였을 경우에 이전 영상의 보정 값으로 회귀하게 된다. 이것은 기존의 잡음으로 인해 반복적으로 편차 보상을 수행하는 수고를 덜어 준다.

그림 11(g), (h)의 지상배경 영역에서 그림 11(e), (f)의 하늘배경 영역으로 반복적으로 두개의 영역을 번갈아 가며 이동하더라도 별도의 영상 편차 값 보상 없이 자동적으로 전환하는 효과를 볼 수 있다.

그림 12는 제안된 방법을 적용하여 편차가 보정될 위치를 나타내며, 그림 12(a), (b)는 그림 11(a), (b)의 하늘 배경에서 불균일한 영역의 위치가 발견 되었으며 제안된 방법을 적용하여 그림 11(e), (f)와 같이 보정하였다. 또한 그림 12(c), (d)는 상온1.2 테이블을 적용하였기 때문에 편차가 없음을 확인하였다. 따라서 제안된 방법으로 특정 영역의 평균값을 획득하여 적용한다면,

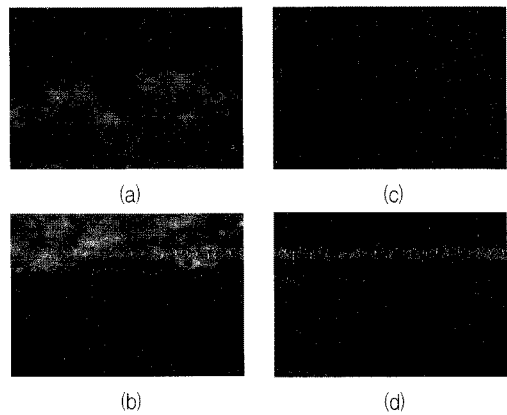


그림 12. 제안된 방법을 적용한 보상된 위치 영상  
 Fig. 12. Compensated position images for proposed method.

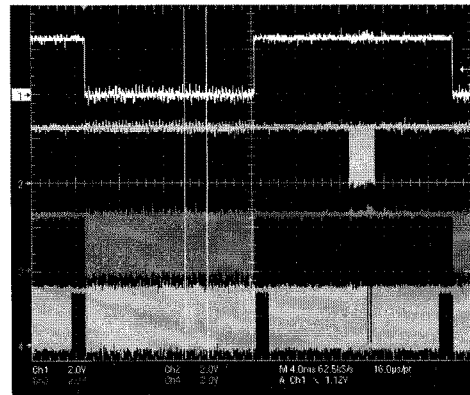


그림 13. 실시간 신호 처리한 영상 데이터의 측정파형  
 Fig. 13. Measured waveform of image data from real-time signal processing.

지상 배경과 하늘 배경의 경계가 발생하는 지역을 실시간으로 보정할 수 있다.

그림 13은 제안된 시스템의 하드웨어 플랫폼을 적용하여 실시간으로 처리된 한 필드의 영상 데이터를 측정 한 결과이다. 제안된 시스템의 표준 아날로그 영상출력은 NTSC(National Television System Committee)로 설계 및 구현하였으며, 실시간 처리를 위해 한 프레임 을 30Hz (33.3ms) 두개의 필드 60Hz (16.67ms)로 구분하여 60Hz 필드 신호처리를 수행하였다. 그림 13에서 첫 번째의 신호는 필드 연산이 수행되는 Active 신호 (Low 구간)이고, 두 번째 신호는 DSP가 연산 수행한 결과 값으로 FPGA를 통해 버스 전송하는 클록이며, 세 번째 신호가 실시간 처리된 영상데이터로서 약 15.4ms 로 측정된다. 측정파형에서 나타난 것처럼 처리된 필드

데이터가 16ms이내이므로 한 프레임 처리시간이 제한한 33ms이내임을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문은 냉각형 적외선 영상시스템에서 하드웨어 뉴럴 네트워크를 이용한 실시간 고정패턴잡음 제어를 위해 고속 DSP & FPGA 기반의 하드웨어 설계 방법을 제안하였다. 고정패턴잡음은 불균일 보정처리 후에도 관측 영상의 온도 분포 변화에 의해 발생한다. 이와 같은 문제점은 열영상 화질의 저하뿐만 아니라 다른 응용에도 문제되는 중요한 요소이다. 제안된 방법은 저온, 상온, 고온의 3개 편차 테이블에서 각각 교차되는 영역을 세분화하여 가상의 테이블을 만들고, 입력 영상의 구분된 3개 영역에서 영상의 평균값으로 하드웨어 뉴럴 네트워크의 가중치 값을 조정하여 최적의 온도 구간을 선정하였다. 이와 같은 방법은 영상의 평균값으로부터 저온, 상온, 혹은 고온의 이득, 편차 테이블을 연산하고, 운용 중에 지속적으로 편차 보상을 적용하지 않아도 된다. 따라서 제안된 방법은 실시간 처리로 관측영상의 온도 분포 변화에 의해 발생하는 고정패턴잡음을 제어하여 영상 화질의 개선된 결과를 보였다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Park, K. Bae, and J. Jung, "Object recognition in infrared image sequences using scale invariant feature transform," Proc. The International Society for Optical Engineering (SPIE), Int. Conf. Defense and Security Symposium (DSS 2008), Vol. 6968, no. 69681P, pp. 1-9, April 2008.
- [2] H. Lee, S. Kim, D. Park, J. Kim, and C. Park, "Robust method for detecting an infrared small moving target based on the facet-based model," Proc. The International Society for Optical Engineering (SPIE), Int. Conf. Defense and Security Symposium (DSS 2008), Vol. 6969, no. 69690E, pp. 1-9, April 2008.
- [3] A. Averbuch, G. Liron, and B. Bobrovsky, "Scene based non-uniformity correction in thermal images using Kalman filter," Image, Vision Computing, Vol. 25, no. 6, pp. 833-851, June 2007.
- [4] T. Zhang and Y. Shi, "Edge-directed adaptive nonuniformity correction for staring infrared focal plane arrays," Image, Vision Computing, Vol. 25, no. 6, pp. 833-851, June 2007.
- [5] C. Park, J. Han, and K. Bae, "Suppression of fixed pattern noise for infrared image system," Proc. The International Society for Optical Engineering (SPIE), Int. Conf. Defense and Security Symposium (DSS 2008), Vol. 6968, no. 69681Q, pp. 1-9, April 2008.
- [6] I. Lim, "Implementation for temporal noise identification using adaptive threshold of infrared imaging system," Proc. The International Society for Optical Engineering (SPIE), Europe Security and Defence (ESD 2007), Vol. 6737, no. 673718, pp. 1-10, October 2007.
- [7] S. Chun, Y. Hayakawa, and K. Nakajima, "Hardware neural network for a visual inspection system," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences 2008, Vol. E91-A, no. 4, pp. 935-942, April 2008.
- [8] F. Chen and S. Liu, "A neural-network approach to recognize defect spatial pattern in semiconductor fabrication," IEEE Trans. Semiconductor Manufacturing, Vol. 13, no. 3, pp. 366-373, August 2000.
- [9] G. Acciani, G. Brunetti, and G. Fornarelli, "Application of neural networks in optical inspection and classification of solder joints in surface mount technology," IEEE Trans., Industrial Informatics, Vol. 2, no. 3, pp. 200-209, August 2006.
- [10] H. Hikawa, "A digital hardware pulse-mode neuron with piecewise linear activation function," IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 4, no. 5, pp. 1028-1037, September 2003.
- [11] H. Zhou, R. Lai, S. Liu, B. Wang, Q. Li, "A new real-time processing system for the IRFPA imaging signal based on DSP&FPGA," Infrared Physics, Technology, Vol. 46, no. 4, pp. 277-281, 2005.
- [12] S. Sato, K. Nemoto, S. Akimoto, M. Kinjo, and K. Nakajima, "Implementation of a new neurochip using stochastic logic," IEEE Trans. Neural Networks, Vol. 14, no. 5, pp. 1122-1127, September 2003.

저 자 소 개



박 장 한(정회원)

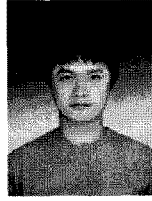
1999년 광운대학교 정보통신대학원 소프트웨어공학과 석사 졸업.

2005년 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사 졸업.

2005년~2006년 중앙대학교 첨단영상대학원 문화컨텐츠기술연구원 전임연구원

2006년~현재 삼성탈레스(주) 종합연구소 연구개발1팀 전문연구원

<주관심분야 : 적외선 영상신호처리, 객체 추적, 패턴 인식, 영상융합, 임베디드 시스템>



천 승 우(정회원)

2002년 영남대학교 전기전자공학부 전기공학전공 학사 졸업.

2005년 일본 도우호쿠대학 정보과 학연구과 석사 졸업.

2008년 일본 도우호쿠대학 정보과 학연구과 박사 졸업.

2008년~현재 삼성탈레스(주) 종합연구소 연구개발1팀 전문연구원

<주관심분야 : 영상처리, 하드웨어 신경망회로>



한 정 수(정회원)

2000년 성균관대학교 전자공학과 학사 졸업.

2000년~현재 삼성탈레스(주) 종합연구소 연구개발1팀 전문연구원

<주관심분야 : 적외선 열상신호처리, DSP & FPGA 영상신호처리 설계>